

ARTÍCULO ACEPTADO – PUBLICACIÓN ADELANTADA
ACCEPTED ARTICLE – AHEAD-OF-PRINT

Publicado: 19/enero/2021

¿Cómo citar el artículo? / *How to cite the article?*

Godínez Montoya, L., Figueroa Hernández, E., & Pérez Soto, F. (2021). El medio ambiente, la pobreza y el crecimiento económico en México, 2003-2017. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF*, 16(2). doi: <https://doi.org/10.21919/remef.v16i2.441>



REVISTA MEXICANA DE ECONOMIA Y FINANZAS

NUEVA ÉPOCA | **REMEF**

THE MEXICAN JOURNAL OF ECONOMICS AND FINANCE

ISSN: 1665-5346 (impreso) 2448-6795 (electrónico)

DOI: 10.21919/imef



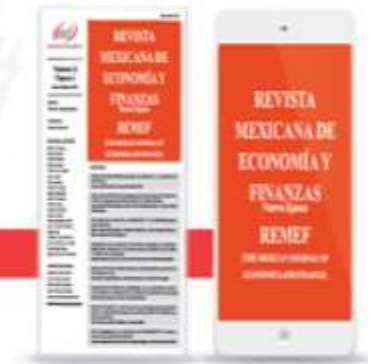
REVISTA MEXICANA DE ECONOMÍA Y FINANZAS

NUEVA ÉPOCA | REMEF















THE MEXICAN JOURNAL OF ECONOMICS AND FINANCE

ISSN: 1665-5346 (impreso) 2448-6795 (electrónico)

DOI: 10.21919/remef



Directorios, Bases de datos e Índices

| | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología Directorio |  Índice |  Índice |
|  Directorio |  Base de datos |  Base de datos |
|  latindex (impresa) Directorio |  Base de datos |  Directorio |
|  Base de datos |  Base de datos |  Base de datos |
|  Matriz de Información para el Análisis de Revistas Directorio |  Base de datos |  Directorio |



REVISTA MEXICANA DE ECONOMÍA Y FINANZAS

NUEVA ÉPOCA | REMEF

THE MEXICAN JOURNAL OF ECONOMICS AND FINANCE

ISSN: 1665-5346 (impreso) 2448-6795 (electrónico)

DOI: 10.21919/remef



Vol. 16, Núm. 2

Abril - Junio 2021 (Ahead of print)

Tabla de contenidos

Artículos de investigación y revisión

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Modelos de la estructura de plazos de las tasas de interés: Revisión, tendencias y perspectivas Oldrich Alfons Vasicek, Francisco Venegas-Martínez | PDF 1-28 |
| La desigualdad y el disímil impacto de la política monetaria Pablo Cotler, Rodrigo Carrillo | PDF 1-19 |
| Ganancias cambiarias en empresas mexicanas y variables fundamentales y económicas José Antonio Morales Castro, Francisco López-Herrera | PDF 1-21 |
| Financial constraint and foreign direct investment of SMEs: evidence from Portugal Isabel M. Correia, Diana S. Fernandes | PDF (English) 1-19 |
| Exchange Rate Pass-Through to Prices in Mexico: A Study of the Main Border and Non-Border Cities Eduardo Saucedo, Jorge Gonzalez | PDF (English) 1-24 |
| Notional Defined Contribution (NDC) Schemes: a pension system alternative Gustavo da Costa Morais, Carolina Cardoso Novo, Mirian Picinini Méxas | PDF (English) 1-18 |
| El medio ambiente, la pobreza y el crecimiento económico en México Lucila Godínez Montoya, Esther Figueroa Hernández, Francisco Pérez Soto | PDF 1-20 |
| Factores de éxito en el financiamiento para Pymes a través del Crowdfunding en México John de Jesús González, Filiberto Enrique Valdés Medina, María Luisa Saavedra García | PDF 1-23 |
| Estimación del Riesgo de Mercado utilizando el VaR y la Beta del CAPM Bárbara Ruth Trejo Becerril, Alberto Gallegos David | PDF 1-26 |

El medio ambiente, la pobreza y el crecimiento económico en México

Lucila Godínez Montoya¹ - Universidad Autónoma del Estado de México, México
Esther Figueroa Hernández² - Universidad Autónoma del Estado de México, México
Francisco Pérez Soto³ - Universidad Autónoma del Estado de México, México

Resumen

La presente investigación busca contribuir a la discusión y análisis empírico de los factores socioeconómicos que afectan a la degradación del medio ambiente para el caso específico de México. El objetivo consistió en determinar si el crecimiento económico (Producto interno bruto real per cápita) del país contribuye a la degradación del medio ambiente, y si paralelo a la actividad económica, la población pobre también inciden sobre ella; claramente, se busca validar la existencia de una Curva de Kuznets Ambiental (CKA-extendida) para México durante el periodo 2003-2017; tomando como indicador de la degradación ambiental a los costos totales por agotamiento de los recursos naturales y la degradación ambiental. Se estimaron dos modelos de regresión, uno lineal múltiple y otro polinomial cúbico, mediante el método de mínimos cuadrados ordinarios. A partir de su estimación se encontró que existe una relación positiva entre la degradación ambiental y el crecimiento económico, así como con la población pobre; confirmando la existencia de la CKA-extendida para México.

Clasificación JEL: O44, O49, Q20, Q30, C30, Q21.

Palabras clave: Curva de Kuznets Ambiental, producto interno bruto per cápita, población pobre.

Abstrac

This research seeks to contribute to the discussion and empirical analysis of socioeconomic factors that affect environmental degradation for the specific case of Mexico. The objective was to determine if the economic growth (Real Gross Domestic Product per capita) of the country contributes to the degradation of the environment, and if parallel to the economic activity, the poor population also affect it; Clearly, it seeks to validate the existence of an Environmental Kuznets Curve (CKA-extended) for Mexico during the period 2003-2017; taking as an indicator of environmental degradation the total costs of depletion of natural resources and environmental degradation. Two regression models, one linear multiple and the other polynomial cubic, were estimated using the ordinary least squares method. Based on their estimation, it was found that there is a positive relationship between environmental degradation and economic growth, as well as with the poor population, confirming the existence of the extended CKA for Mexico.

JEL Classification: O44, O49, Q20, Q30, C30, Q21.

Keywords: Environmental Kuznets curve, gross domestic product per capita, poor population.

¹ Centro Universitario UAEM Texcoco. Av. Jardín Zumpango S/N Fracc. El Tejocote, Texcoco, Estado de México. C.P. 56259. Tel. (Oficina) 01(595)9211216. E-mail: lgodinezm76@gmail.com, lgodinezm@uaemex.mx

² Email: esther.f.her@gmail.com

³ Km. 38.5 Carretera México-Texcoco, C.P. 56230. E-mail: perezsotofco@gmail.com

*Sin fuente de financiamiento para el desarrollo de la investigación.

1. Introducción

En el mundo, las sociedades actuales se plantean dos objetivos igualmente deseables y legítimos, que son la preservación de un medio ambiente limpio, así como el crecimiento económico (Guevara, 2005: 163).

No obstante es importante mencionar que, aunque la relación entre el hombre y su entorno natural coexiste desde la aparición de la humanidad, los estudios formales sobre la compatibilidad del crecimiento económico con la de la población y la conservación del medio ambiente, se remontan a la historia del pensamiento económico (Gómez, 2000: 245). Los fisiócratas (principios del siglo XVIII) constituyen la primera escuela del pensamiento que se fija en el valor que puede aportar la tierra al bienestar y desarrollo de las sociedades (Ambrogi, s/f: 7), es decir, para ellos la tierra era la que creaba la riqueza. A esta línea de pensamiento le sigue la escuela clásica, cuyos planteamientos indicaban que el crecimiento económico tenía sus límites en la naturaleza. Para Adam Smith (1776), el trabajo era el único recurso capaz de generar riqueza, cuya importancia rebasó a la naturaleza y al medio ambiente (London, 2018: 148).

La economía clásica se conocía como la “ciencia sombría” puesto que se pensaba que “las posibilidades de mejorar los niveles de vida a largo plazo eran escasas... ya que la provisión de tierras cultivables era fija, y a eso se sumaba la tendencia al aumento del tamaño de la población”, ideas asociadas en especial a Thomas Malthus (1776-1834) (Common y Sigrid, 2008: 3). Esta visión se refería a que “al aumentar la población, la presión creciente sobre los recursos productivos escasos disminuye la productividad media del trabajo y a través de su efecto sobre la producción de alimentos, terminaría por conducir a una situación de estancamiento en la que, tal vez demasiado tarde se reduciría también la tasa de crecimiento de la población... que disfrutaría al mismo tiempo de un medio ambiente degradado y de un ingreso próximo al nivel de subsistencia” (Gómez, 2000: 245).

Para muchos, estas predicciones fueron fallidas y evolucionaron hasta lo que hoy se conoce como “economía neoclásica”. Sin embargo, aunque para los clásicos el medio ambiente natural en términos de disponibilidad de tierra fue importante, en 1950 los neoclásicos ignoraban la relación entre la población y la naturaleza (Common y Sigrid, 2008: 4), cuyo supuesto fundamental era que el medio ambiente y la naturaleza eran totalmente sustituibles por capital (London, 2018: 149); por lo que todavía en la década de 1950 y 1960 se elaboraban teorías sobre el crecimiento económico en las que aún no se incluía el medio ambiente, y el hecho de que el crecimiento económico se convirtió desde entonces en el principal objetivo de la política económica de los países (Common y Sigrid, 2008: 4), trajo como consecuencia el incremento de la producción de bienes y servicios, así como del consumo, sin considerar los daños que se provocaban al medio ambiente (García y Ochoa, 2017: 100). No obstante, a pesar de que el problema de la conservación del medio ambiente está estrechamente relacionado con el crecimiento económico (Gómez *et al.*, 2011: 548), fue hasta la década de 1970 que se empezó a estudiar y discutir esta relación, y cuando la humanidad comenzó a tomar conciencia sobre el problema que el desarrollo económico genera hacia el medio ambiente (Cuevas, 2009: 27-28; Almeida y Artola, 2013: 23).

Sin embargo, la relación medio ambiente-crecimiento económico ha sido controversial dada la diversidad de planteamientos teóricos alrededor de ésta: por un lado algunos economistas han argumentado que un incremento del producto interno bruto (PIB) dañará el medio ambiente, mientras que otros, por el contrario han señalado que la economía puede crecer por siempre sin dañar la calidad del medio ambiente, para lo cual consideran al progreso técnico como un factor determinante para el acercamiento entre estas dos variables (Correa, 2004: 75).

Derivado de este último señalamiento, desde principios de los años 90, el debate en torno a la relación entre crecimiento económico y medio ambiente, se ha intensificado tanto a nivel teórico como empírico, por lo que desde entonces estos análisis se han centrado principalmente en la hipótesis conocida en la literatura económica como la Curva de Kuznets Ambiental (CKA) (Zilio, 2012: 44), la cual fue utilizada para “explicar la relación entre calidad ambiental y niveles de PIB per cápita”, cuyos primeros estudios fueron realizados por Grossman y Krueger (1991), reportando la “existencia de una relación sistemática entre ingreso y calidad ambiental” (Saravia, 2005: 260-261).

Los estudios de los mencionados autores, además de los desarrollados por Shafik y Bandyopadhyay (1992), Panayotou (1993) y Selden y Song (1994), mostraron que la relación entre el crecimiento económico y la degradación ambiental se puede plantear como una relación funcional en forma de U invertida entre diversos tipos de contaminantes y niveles de ingreso (Correa, 2004: 77-78; Zilio, 2012: 44). Con los planteamientos de estos autores se inició el debate acerca de la hipótesis de la CKA, la cual establece que “el deterioro ambiental es una función creciente del nivel de actividad económica, en etapas de desarrollo bajas, hasta un determinado punto crítico de ingreso per cápita (que marca la transición de una sociedad con un crecimiento intenso a otra con un alto nivel de desarrollo), y a partir del cual, los mayores niveles de renta llevan aparejados niveles progresivamente menores de degradación del medio ambiente” (Mendoza, 2015: 8). En otras palabras, esta hipótesis considera que los países en desarrollo se localizan en la parte positiva de la CKA, lo que implica que las “acciones y políticas en favor del crecimiento generan un deterioro en el medio ambiente, pero al llegar a un estado mayor de desarrollo, implementarán políticas para mejorar la calidad del medio ambiente y proteger los recursos naturales, y eventualmente la degradación comienza a disminuir” (Nahman y Antrobus, 2005, Andreoni y Levinson, 2001; citados por Catalán, 2014: 20).

Sin embargo, con el paso del tiempo han surgido críticas respecto al mecanismo de la CKA: una de ellas se refiere a que el “crecimiento económico por sí mismo no puede llevar a una mejor calidad ambiental”; por otra parte, otra desventaja de esta curva es que se presenta como un modelo de “forma reducida”, ya que solo se considera al PIB per cápita como variable explicativa del deterioro ambiental. Al respecto, Magnani (2000), surge que paralelo a la actividad económica pueden existir otras variables explicativas de la afectación al medio ambiente (Correa, 2007: 12; Saravia, 2005: 262). Asimismo, otro argumento que apoya a esta última idea es que la mayoría de los aspectos teóricos para determinar el punto crítico o de inflexión de la CKA, parecen no ser apropiados a las “condiciones económicas, sociales e institucionales de los países en desarrollo” (Zilo, 2012: 43), que ponen en entredicho la validez de esta hipótesis; en este sentido, factores como el patrón de crecimiento entre naciones, el patrón de crecimiento de la población y la desigualdad en la distribución del ingreso (que implica que a mayores niveles de pobreza y desigualdad, mayor es la propensión a contaminar) hacen difícil la obtención de la pendiente negativa de la CKM (Mendoza, 2015: 4, 16).

La presente investigación busca contribuir a la discusión y análisis empírico de los principales factores económicos que afectan la degradación del medio ambiente para el caso específico de México. El objetivo de este trabajo consistió en determinar si el crecimiento económico del país (PIB per cápita) contribuye a la degradación del medio ambiente, y si paralelo a la actividad económica la población pobre también inciden sobre ella. Claramente, se busca validar la existencia de una CKA-extendida, para el periodo 2003-2017. Tomando como indicador de la degradación ambiental a los costos totales por agotamiento de los recursos naturales y la degradación ambiental.

Las hipótesis sobre la que versa la investigación es que: el crecimiento económico y la población pobre en México presentan una relación directa con la degradación ambiental del país, sustentado en la hipótesis de la CKA.

El trabajo se divide en los siguientes apartados: en la segunda sección, se presentan los fundamentos teóricos de la CKA, así como la revisión de literatura en torno a la evidencia empírica de esta curva. En la tercera sección se presenta la metodología empleada que incluye, la descripción y especificación de las variables, así como los modelos econométricos utilizados. En la cuarta sección se exponen los resultados estadísticos y económicos de los modelos empíricos. Y en la quinta sección se establecen las principales conclusiones de la investigación.

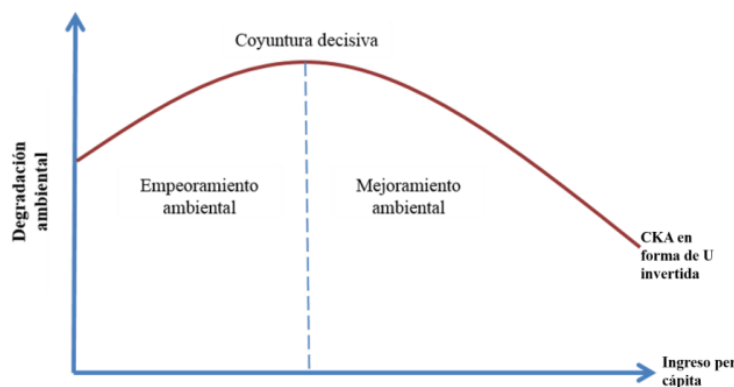
2.- Marco teórico y evidencia empírica de la Curva de Kuznets Ambiental (CKA)

En este apartado se describen los elementos teóricos y empíricos a cerca de la Curva de Kuznets Ambiental.

2.1 Aspectos teóricos de la Curva de Kuznets Ambiental

La hipótesis de la CKA tiene sus antecedentes en los estudios de Simón Kuznets, quien en 1955 estableció la relación entre crecimiento económico y desigualdad del ingreso. Este autor sugirió que a “medida que el ingreso per cápita se incrementa, la inequidad en la distribución del ingreso también lo hace y solamente en el momento en que se llega a un determinado *turning point* (TP) esta relación directa se torna negativa, y el incremento en el PIB se acompaña por reducciones en la inequidad distributiva del ingreso”, dicha relación se estudió empíricamente y se representó mediante una curva en forma de U invertida conocida como la Curva de Kuznets. Fue hasta la década de los setenta que comenzó el interés y la preocupación por el medio ambiente; y hasta los noventa cuando los planteamientos de Kuznets se retomaron para analizar la relación entre calidad ambiental y niveles de PIB per cápita, desarrollándose así la hipótesis de la CKA. Los primeros estudios empíricos fueron desarrollados por Grossman y Krueger (1991) “quienes reportan una relación sistemática entre ingreso y calidad ambiental”, posteriormente, el interés por esta hipótesis fue retomado por el Banco Mundial con la publicación del *World Development Report* (1992) titulada: Desarrollo y Medio Ambiente (Saravia, 2005: 259-260).

Desde entonces la mayoría de las investigaciones en torno a la relación entre crecimiento económico y medio ambiente se han realizado alrededor de la hipótesis de la CKA; la cual “establece que la relación entre el nivel de ingreso per cápita y el deterioro de la calidad del medio ambiente se puede representar por una curva con forma de U invertida” (Grossman y Krueger, 1993 y 1995; Stern, 1998; citados por Catalán, 2014: 19); es decir, que “bajos niveles de ingreso están correlacionados con un creciente deterioro del medio ambiente, pero después de cierto punto de inflexión del ingreso per cápita, la relación entre las dos variables se torna negativa”, por lo que a mayor ingreso per cápita, menor degradación ambiental (Grossman y Krueger, 1995; citados por Catalán: 2014: 19), como puede observarse en el gráfico 1; esto se puede entender como sigue: a largo plazo el crecimiento económico beneficia al medio ambiente, ya que cuando la población acumula riqueza, destina mayores recursos económicos para remediar el daño ambiental provocado por la actividad económica (Correa *et al.*, 2005: 14-15).



Gráfica 1. Curva de Kuznets ambiental

Fuente: Tomado de Parra, 2016: 13.

Esta hipótesis se apoya en el argumento de que un mayor nivel de desarrollo implica un cambio en la estructura económica de los países en favor de la producción industrial y de servicios, adoptando para ello procesos de producción más amigables con el medio ambiente, de esta manera se reduciría el deterioro ambiental de manera importante (Grossman y Krueger, 1995; citados por Arévalo, 2017; 3-4); es decir, la CKA permite observar el desarrollo de una economía a través del tiempo. En una primera etapa, se trata de una economía basada en el sector agrícola y en la explotación de los recursos naturales siendo su extracción mayor que su conservación aumentando la cantidad de residuos vertidos al medio ambiente, este comportamiento es propio de los países en desarrollo. En una segunda etapa se desarrolla la industria (Catalán, 2014: 20-22); es decir, un país poco desarrollado enfrenta un proceso de industrialización con costos sociales demasiado altos, ya que en una primera etapa de industrialización, la contaminación ambiental aumenta ya que la sociedad requiere satisfacer su necesidad de trabajo y obtener ingresos económicos y no aire limpio y agua pura, dejando de lado el marco regulatorio. Posteriormente, cuando el ingreso aumenta, las industria líderes están en posibilidades de adquirir nuevas tecnologías, los individuos valoran más el

medio ambiente y las instituciones regulatorias incluyen el cuidado del medio ambiente en su agenda, lo que conlleva a una disminución de la contaminación (Arévalo, 2017: 4).

Con base en lo anterior, se puede decir que, los países en desarrollo se localizan en la parte creciente de la CKA, donde el crecimiento económico genera algunos niveles de deterioro ambiental, no obstante, una vez llegando a un nivel mayor de desarrollo, es posible implementar políticas encaminadas a mejorar la calidad del medio ambiente y la preservación de los recursos naturales, disminuyendo con ello la contaminación (Catalán, 2014: 20).

Sin embargo, han surgido críticas importantes con respecto a la CKA, la pregunta a responder sería ¿el crecimiento económico por sí mismo puede mejorar la calidad ambiental?, en relación con esto, otra crítica es su forma reducida o simple de la CKA, debido a que solo se considera al PIB per cápita como variable explicativa; por lo que una solución a esto es que como lo sugiere Magnani (2000), paralelo a la actividad económica pueden existir otras variables explicativas de la afectación al medio ambiente (Correa, 2007: 12; Saravia, 2005: 262). Asimismo, otro argumento que apoya a esta última idea es que la mayoría de los aspectos teóricos para determinar el punto crítico o de inflexión de la CKA, parecen no ser apropiados a las “condiciones económicas, sociales e institucionales de los países en desarrollo” (Zilo, 2012: 43), que ponen en entredicho la validez de esta hipótesis; en este sentido, factores como el patrón de crecimiento entre naciones, el patrón de crecimiento de la población y la desigualdad en la distribución del ingreso hacen difícil la obtención de la pendiente negativa de la CKM (Mendoza, 2015: 4, 16).

Debido a esto, Zilo (2012: 44), expone que la pendiente de U invertida que presenta la CKA, contiene dos puntos importantes: el primero, es que el PIB es tanto la causa como la solución del problema ambiental; el segundo, es que aunque el crecimiento económico antecede a la degradación ambiental en etapas de bajo desarrollo, la única forma para que un país alcance un nivel adecuado de entorno ambiental es que se vuelva rico. Sin embargo esos puntos han sido fuertemente cuestionados, el primero de ellos porque, supone el deterioro ambiental provocado por la actividad económica es factible de ser revertido, no obstante, se sabe que en la realidad es altamente irreversible; las críticas al segundo punto, versan sobre las implicaciones que esto trae sobre los países en desarrollo, debido a dos situaciones: una porque, supone que en automático el crecimiento económico conlleva a la transferencia de tecnología; la otra crítica importante, es que esta hipótesis no considera que a medida que los países sumidos en la “trampa de pobreza” no sean capaces de alcanzar el punto de transición, no será posible revertir el deterioro ambiental, lo que los lleva inexorablemente a un “trampa ambiental” persistente en el tiempo; pero aun suponiendo que superan la situación de pobreza “a través de un *big push* que posicione a la economía sobre el sendero de un equilibrio estable a un nivel de renta mayor”, es muy posible que los obstáculos en el tema de transferencia de tecnología y su limitada capacidad institucional no ayuden a superar la trampa ambiental. Aunado a esta situación, está el hecho de que a pesar de que los países desarrollados han logrado una importante disminución de la degradación ambiental basados en el control de su regulación ambiental, esto se debe también en parte a que han relocalizado sus industrias más contaminantes en los países en desarrollo.

Retomando lo antes dicho, la CKA tiene una forma reducida, que no considera aspectos importantes como la tecnología, la composición del producto, las regulaciones ambientales o incluso

las demandas de la sociedad. A pesar de ello se puede definir una forma paramétrica de la hipótesis de la CKA (Ekins, 1997; Grossman y Krueger, 1995; Selden y Song, 1994; Suri y Chapman, 1998) como se muestra a continuación:

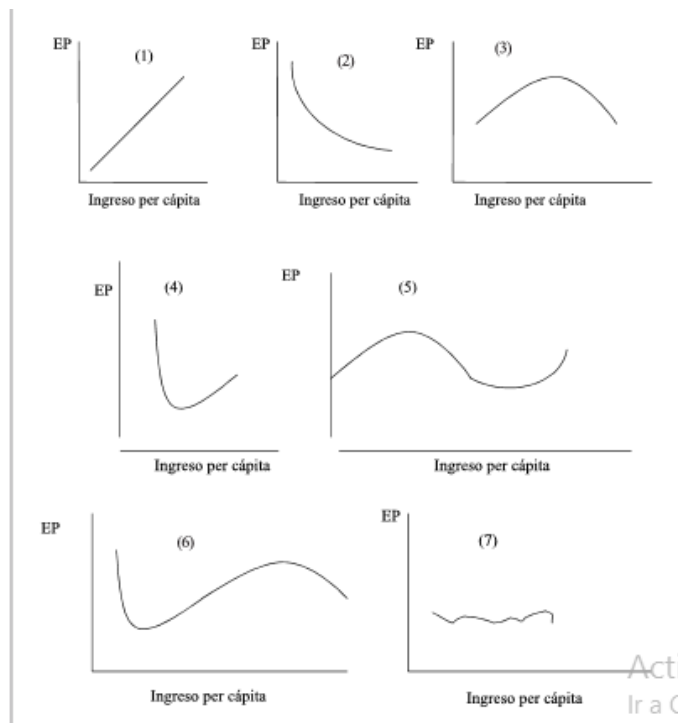
$$E_{it} = \beta_0 + \beta_1 YP_{it} + \beta_2 YP_{it}^2 + \beta_3 YP_{it}^3 + \sum_{j=1}^k \gamma_j X_{j,it} + \mu_{it} \quad (1)$$

$i = 1, 2, \dots, N \quad t = 1, 2, \dots, T$

Donde; E_{it} , es el deterioro ambiental; YP_{it} , es el producto per cápita; $X_{j,it}$, es un conjunto de variables que inciden en el deterioro ambiental como: densidad de población (Kaufmann *et al.*, 1998), grado de apertura comercial, la estructura productiva (Moonmaw y Unruh, 1997; Panayotou, 1997), o inclusive variables rezagadas (Panayotou, 1997, Grossman y Krueger, 1995); las cuales se incluyen para capturar el efecto escala, efecto composición y efecto de la tecnología (Grossman, 1995; He y Wang, 2012). μ_{it} , es el término de error; los subíndices it , indican los distintos países y periodos de tiempo, esto es, observaciones de datos de Panel (Catalán, 2014: 22-23).

A partir de la forma funcional anterior se pueden identificar siete distintos tipos de relaciones entre calidad ambiental y crecimiento económico (ver gráfica 2):

- 1) $\beta_1 > 0$ y $\beta_2 = \beta_3 = 0$; implica una relación creciente monotónica, indicando que altos niveles de ingreso están asociados con más altos niveles de emisiones.
- 2) $\beta_1 < 0$ y $\beta_2 = \beta_3 = 0$; involucra una relación monotónica decreciente, señalando que altos niveles de ingreso están asociados con niveles declinantes de emisiones
- 3) $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$ y $\beta_3 = 0$; implica una relación cuadrática en forma de U invertida representando la curva ambiental de Kuznets e indicando que altos niveles de ingresos están asociados con niveles declinantes después que un nivel particular de ingreso ha sido alcanzado.
- 4) $\beta_1 < 0$, $\beta_2 > 0$ y $\beta_3 = 0$; implica una relación cuadrática en forma de U, en oposición a la CKA.
- 5) $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$ y $\beta_3 > 0$; implica un polinomio cúbico, representando la gráfica en forma de N, similar a la CKA pero con un subsiguiente incremento en emisiones para altos niveles de ingreso.
- 6) $\beta_1 < 0$, $\beta_2 < 0$ y $\beta_3 > 0$; implica un polinomio cúbico contrario a la curva en forma de N, los niveles de presión inicialmente declinan, luego se incrementan y posteriormente declinan de nuevo.
- 7) $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$; implica un comportamiento plano, indicando que las emisiones no son influenciadas por el nivel de ingreso (Tomado de Correa, 2004: 87-89).



Gráfica 2. Comportamientos posibles entre presión ambiental y PIB per cápita

Fuente: Tomado de Correa, 2004: 88.

Lo anterior indica que el resultado de la CKA, se puede ajustar solo a uno de los comportamientos señalados anteriormente. El punto de umbral de la CKA se obtiene derivando la ecuación (1) e igualando a cero (con $\beta_3 = 0$), obteniendo como resultado lo siguiente: $Y^* = \frac{-\beta_1}{2\beta_2}$ (Tomado de Correa, 2004: 89).

2.2. Evidencia empírica de la CKA

Como ya se ha mencionado, fue a partir de los años noventa cuando la relación entre crecimiento económico y medio ambiente comenzó a desarrollarse desde el punto de vista teórico como empírico, siendo a partir del año 2009 cuando se ha presentado un importante crecimiento en las investigaciones sobre este tema.

Sin embargo, una de las críticas importantes que se planean respecto a estas investigaciones se refieren a que se han concentrado principalmente en países desarrollados, dada la disponibilidad de información específicamente la que se refiere a los aspectos medioambientales, lo que no se tienen para países en desarrollo (Correa, 2007: 16), por esta razón son escasos los análisis relativos a la CKA realizados para los países de América Latina (Suárez, 2011: 27), debido a que una desventaja importante, es que en la región no se han podido generar estadísticas ambientales confiables, menos aún se puede contar con series de tiempo sobre las mismas (Saravia, 2005: 273).

Por otra parte, los estudios realizados sobre el tema de la CKA, de manera general buscan por una parte, corroborar y validar esta hipótesis, para distintos países e indicadores de deterioro ambiental; mientras que otros se enfocan en criticar la simplicidad de la CKA e introducir oras variables explicativas además del PIB per cápita (Saravia, 2005: 262).

En este apartado se presentan de manera breve algunos estudios y resultados obtenidos a partir la CKA, a nivel internacional, para América Latina y de manera particular para México.

Entre los primeros estudios que tratan de analizar empíricamente la hipótesis de CKA está el estudio desarrollado por Grossman y Krueger (1991), este fue el primer intento por analizar la evolución de los niveles de emisiones de dióxido de azufre, el smog y las partículas suspendidas en el aire en el aire en relación con el ingreso per cápita. Para ello se utilizó una muestra mixta de alrededor de cuarenta países desarrollados y en desarrollo. Los resultados permitieron obtener la forma típica de la CKA para los dos primeros contaminantes, donde el *turning point* se alcanzaría a un nivel de PIB per cápita de 4.500 dólares (en dólares de 1985) (Tomado de Saravia, 2005: 263-264).

Arévalo (2017), tuvo como objetivo determinar la relación existente entre las variables y comprobar la curva ambiental para México de 1960 a 2016, por medio de la implementación de la correlación de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) donde la variable dependiente fue la contaminación por dióxido de carbono (CO₂) y las independientes, el PIB per cápita y el PIB per cápita al cuadrado. Los resultados estadísticos permitieron confirmar para México la relación hipotética planteada por la CKA.

Urrieta (2017), realizó un trabajo de investigación en el cual se cuestiona ¿cuál es el comportamiento que siguen los gases contaminantes del aire, dada la evolución del crecimiento económico en México, durante el periodo de 1980 a 2012, tomando en cuenta la inversión extranjera directa y el saldo en la cuenta corriente?; para ello se aplicaron modelos de datos de panel a las variables, PIB per cápita, el dióxido de carbono, metano y óxido nitroso a nivel per cápita, como elementos que incrementan la contaminación del aire, además se incluyen dos variables artificiales representantes de la expansión de la inversión extranjera directa y el saldo en la cuenta corriente, como herramientas importantes para explicar el comportamiento que ha tenido el PIB. Con la información de la estimación, en general se concluye que no hay evidencia contundente que confirme el comportamiento descrito por la hipótesis de la CKA para el periodo 1980-2012. La contaminación del aire continúa en aumento dado el ritmo de crecimiento económico existente en México.

Suárez (2011), aplicó distintos modelos econométricos para comprobar la existencia o no de la CKA para América Latina y el Caribe, para lo cual se realizaron regresiones no paramétricas, análisis de datos de panel, modelos de series de tiempo y regresiones aparentemente no relacionadas. Entre las variables independientes utilizadas estuvieron el PIB per cápita y las emisiones de 6 contaminantes (CO, CO₂, HC, NO_x, PAR y SO₂) como indicadores de degradación ambiental para un panel de 23 países de 1970 a 2008. Entre las principales conclusiones están que a nivel regional existe la presencia de una CKA para las emisiones de CO y el HC; sin embargo, los niveles óptimos del PIB per cápita encontrados son realmente inalcanzables para un grupo de países dada su heterogeneidad.

Zilo (2010), analizó la validez empírica de la hipótesis de la CKA para el caso del dióxido de carbono, en una muestra de países de América Latina y el Caribe de 1970-2008. Como resultados obtuvo que es improbable que en la mayor parte de los países de la región el crecimiento económico

por sí solo sea lo suficientemente rápido para atenuar los impactos negativos derivados del cambio climático en el mediano plazo.

Navarrete *et al.* (2009), en su investigación, tuvo como objetivo verificar si dicha relación de U invertida se presenta en México al considerar el periodo que va de 1980 a 2004; se utilizó un modelo econométrico de cointegración por mínimos cuadrados ordinarios, donde la variable dependiente fue la contaminación por dióxido de carbono, mientras que las independientes fueron el PIB per cápita y el PIB per cápita al cuadrado. Los resultados confirmaron para México la existencia de la CKA.

Correa (2007), realizó un análisis económico de la validez de la hipótesis de la CKA para América Latina, en la cual buscó comprobar empíricamente la hipótesis según la cual las desigualdades socioeconómicas son factores determinantes en la explicación de la calidad ambiental. Los resultados que obtuvo fueron que es necesario reevaluar la hipótesis de esta curva no solamente en función de los problemas metodológicos, sino también con respecto a la conceptualización del término medio ambiente; asimismo, que los países de la región deben esforzarse en implementar políticas públicas que logren hacer más corto el tiempo para alcanzar el umbral necesario.

Saravia (2005), realiza una revisión de los principales hallazgos así como de las metodologías utilizadas en los estudios que hasta la fecha se han realizado con base en la CKA, para identificar las fortalezas y debilidades de este argumento, enfatizando este análisis en la situación latinoamericana. Entre las principales conclusiones están que la hipótesis de la CKA no es un elemento válido para la región, basándose en los estudios realizados sobre esta temática hasta esa fecha. Más allá de la forma reducida de la CKA, se encontró que variables como la desigualdad en la distribución del ingreso, aspectos institucionales, gobernancia, reformas estructurales, entre otras, son factores importantes que explican la lentitud en el proceso de arribar al tramo virtuoso de la CKA. Los resultados indicaron que la elevada desigualdad en la distribución del ingreso, la ineficiencia de las instituciones, la inestabilidad política y social, así como aspectos no favorables de comercio exterior, tienen el poder de disminuir el efecto positivo del crecimiento económico en el mejoramiento de la calidad ambiental, localizando el *turning point* más hacia un horizonte de tiempo más lejano.

Correa *et al.* (2005), basados en la evidencia empírica, el estudio explora la validez de la hipótesis de la CKA para Colombia, analizando adicionalmente el impacto que variables como la distribución del ingreso, los derechos civiles y las libertades políticas y la densidad de población generan sobre el medio ambiente. Se concluyó que Colombia a diferencia de países desarrollados, se encuentra en la fase creciente de la curva medio ambiental de Kuznets, es decir, que todo crecimiento económico se está traduciendo en un mayor deterioro ambiental.

3. Metodología

Es esta sección se describen y especifican las variables utilizadas, y se presentan los modelos econométricos utilizados.

3.1 Descripción y especificación de las variables

En el presente estudio se utilizaron las siguientes variables:

La variable $CosAyD_t$, se refiere a los costos totales por agotamiento de los recursos naturales y la degradación ambiental, que en este estudio se consideró como indicador de la degradación ambiental en México. El $PIBpr_t$, es el producto interno bruto real per cápita, considerada en este caso como indicador del crecimiento económico. Además de las variables ya mencionadas las cuales conforman la versión reducida de la CKA, en el presente estudio se consideró de manera adicional a la $PobPobre_t$, que se refiere a la población en pobreza de patrimonio; con la cual se formará la CKA-extendida.

Variable medioambiental

Como ya se mencionó, para estimar la degradación ambiental o afectación al medio ambiente en México, se consideró como variable *proxi* a los costos totales por agotamiento de los recursos naturales y la degradación ambiental ($CosAyD_t$), los cuales son dados a conocer por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) a través de las Cuentas Económicas y Ecológicas de México (CEEM), en este caso para el periodo 2003-2017. Estos costos están expresados a precios corrientes y en particular para esta investigación actúan como variable dependiente en el modelo de la CKA-extendida. Dichos costos “reflejan los gastos en que tendría que incurrir la sociedad para prevenir o remediar la disminución y pérdida de recursos naturales, así como el deterioro del medio ambiente”, con los cuales es posible identificar el impacto ambiental como consecuencia de la producción de bienes y servicios (INEGI, 2018: 1, 3-4).

Variables económicas

La CKA describe la relación entre crecimiento económico y la calidad ambiental, y de acuerdo con los diversos estudios teóricos y empíricos en relación con esta hipótesis, el crecimiento económico ha sido medido a través del ingreso o PIB per cápita. En el presente estudio, el crecimiento económico actúa como variable independiente, utilizando como indicador al PIB per cápita real.

El PIB, es el principal indicador de la evolución económica de un país, se utiliza como medida de crecimiento económico y mide el valor de mercado de los bienes y servicios finales producidos en el interior de un territorio a lo largo del tiempo (Isasmendi, 2014: 8).

Además de acuerdo con Banxico, para crecer, un país necesita echar mano de todos sus recursos disponibles (humanos, naturales, materiales, financieros, etc.) para generar actividad económica y obtener ingresos, por lo que el PIB es una forma de medir el crecimiento económico de un país.

El PIB per cápita, representa el valor económico de los bienes y servicios generados por una nación que le correspondería a cada habitante si la riqueza se distribuyera de forma equitativa (Caballero, 2017).

La fórmula que se utilizó para el cálculo del PIB per cápita real, está dada por la siguiente expresión:

$$PIB_{pr_t} = \frac{PIB_{r_t}}{POB_t} \quad (2)$$

Donde; PIB_{pr_t} , es el producto interno bruto real per cápita del año t , medido en millones de pesos constantes de 2018. PIB_{r_t} , es el producto interno bruto real del año t , medido en millones de pesos constantes de 2018. POB_t , es la población total de México del año t , el periodo de tiempo que va de 2003 a 2017.

Asimismo el cálculo del PIB real, se realizó a partir de la siguiente expresión:

$$PIB_{r_t} = \frac{PIB_{n_t}}{Def_{PIB_t}} \quad (3)$$

Dónde; PIB_{r_t} , es el producto interno bruto real del año t , medido en millones de pesos constantes de 2018. PIB_{n_t} , es el producto interno bruto nominal del año t , medido en millones de pesos corrientes. Def_{PIB_t} , es el deflactor del producto interno bruto del año t , base 2018. t , el periodo de tiempo que va de 2003 a 2017.

La información requerida para el cálculo del PIB_{pr_t} , se obtuvo del Banco de México y del Centro de Estudios de las Finanzas Pública (CEFP), de la Cámara de Diputados.

Adicional al PIB_{pr_t} , la variable socioeconómica considerada en este estudio, para formar la CKA-extendida fue la siguiente:

De acuerdo con el CONEVAL, anteriormente se realizaban estimaciones para la medición de la pobreza, las cuales se conocían como pobreza por ingresos, la cual consiste en comparar los ingresos de las personas con los valores monetarios de diferentes líneas alimentaria, capacidades y patrimonio. Para esta investigación se consideró a la población en pobreza de patrimonio, debido a que el estudio hace referencia a la pobreza en general y no distingue entre zonas rural o urbana.

La pobreza de patrimonio, se refiere a la insuficiencia del ingreso disponible para adquirir la canasta alimentaria, así como realizar los gastos necesarios en salud, vestido, vivienda, transporte y educación, aunque la totalidad del ingreso del hogar fuera utilizado exclusivamente para la adquisición de estos bienes y servicios.

La $PobPobre_t$, es la población en pobreza de patrimonio en México en el año t , medida en número de habitantes, para el mismo periodo de estudio que va de 2003 a 2017. Esta variable actúa como independiente en el modelo de la CKA-extendida. Debido a la disponibilidad de datos anuales requeridos para este estudio, la información para esta variable se obtuvo del Centro de Análisis Macroeconómico (CAMACRO, 2015).

3.2 Modelos econométricos

Para comprobar la existencia de la hipótesis de la CKA-extendida para México en el periodo 2003 a 2017, se utilizaron los siguientes modelos econométricos.

3.3.1 Modelos econométricos para validar la CKA en México

Resulta importante mencionar que para comprobar empíricamente la CKA no existe una relación funcional específica entre crecimiento económico y degradación ambiental, ya que existen infinidad de estudios que, si bien presentan algunas similitudes, utilizan distintas relaciones funcionales para ello.

Para validar la hipótesis de la CKA-extendida en México, en la presente investigación se utilizaron dos formas funcionales (las cuales presentaron el mejor ajuste):

La primera forma funcional se refiere a un modelo de regresión lineal múltiple, en el cual la variable socioeconómica adicional fue la población en pobreza de patrimonio (CKA-extendida), la forma estructural de este modelo fue la siguiente:

$$\text{CosAyD}_t = \alpha_0 + \alpha_1 \text{PIBpr}_t + \alpha_2 \text{PobPobre}_t + \varepsilon_i \quad (4)$$

La segunda forma funcional trata de un modelo polinomial cúbico, en el cual la variable socioeconómica adicional fue también la población en pobreza de patrimonio, con la cual se forma la CKA-extendida.

$$\text{CosAyD}_t = \beta_0 + \beta_1 \text{PIBpr}_t + \beta_2 \text{PIBpr}_t^2 + \beta_3 \text{PIBpr}_t^3 + \beta_4 \text{PobPobre}_t + \mu_i \quad (5)$$

Dónde; $\alpha_0, \dots, \alpha_n$; β_0, \dots, β_n , son los parámetros a estimar para cada una de las ecuaciones. ε_i y μ_i , son los términos del error que se introducen en los modelos y que se distribuyen independiente e idénticamente con media cero y varianza constante.

t , es la periodicidad anual de los datos (de 2003 a 2017).

CosAyD_t , son los costos totales por agotamiento de los recursos naturales y la degradación ambiental (Millones de pesos corrientes).

PIBpr_t , es el producto interno bruto per cápita real (Millones de pesos a precios constantes de 2018).

PIBpr_t^2 , producto interno bruto per cápita real al cuadrado (Millones de pesos a precios constantes de 2018).

PIBpr_t^3 , indica el producto interno bruto per cápita real al cubo (Millones de pesos a precios constantes de 2018).

PobPobre_t , se refiere a la población en pobreza de patrimonio (número de personas por año).

Para estimar los coeficientes o parámetros de cada una de las variables explicativas, se utilizó el paquete Statistical Analysis System (SAS), mediante el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO).

De acuerdo con Rothman (1998, citado por Catalán, 2014: 21-22), "la calidad del medio ambiente sufre un deterioro en las fases iniciales del proceso de crecimiento económico, debido a que se intensifica la agricultura y la explotación de los recursos naturales, las tecnologías eficientes y limpias no están disponibles. La extracción de los recursos naturales excede a su conservación y la calidad de residuos aumenta, este comportamiento se presenta en los países en desarrollo. La

relación entre deterioro ambiental llega a un punto de inflexión donde el deterioro ambiental se detiene y los ingresos siguen aumentando”.

De acuerdo con lo anterior, en ambas ecuaciones (4 y 5), se espera un signo positivo respecto al parámetro lineal ($\alpha_1 > 0, \beta_1 > 0$); es decir, una relación positiva entre los *CosAyD* y el *PIBpr_t*, ya que cuando la economía crece, se registra un aumento en la producción agregada, lo que se ve reflejado en el ingreso y por lo tanto en el consumo, lo que conlleva a un mayor nivel de degradación ambiental (Correa *et al.*, 2005: 23); por lo que se requerirá destinar mayores recursos económicos para recuperar tanto la pérdida de los recursos naturales como la degradación ambiental, los cuales son trasladados a la sociedad.

Asimismo, para la ecuación 5, se espera un signo negativo para el coeficiente del término cuadrático (*PIBpr_t²*) y un signo positivo para el coeficiente de la variable cubica (*PIBpr_t³*); es decir, ($\beta_2 < 0$ y $\beta_3 > 0$). .

Respecto a la variable adicional a la CKA, que en este caso se trata de la *PobPobre_t*, se espera un signo positivo ($\alpha_2 > 0$ y $\beta_4 > 0$).

4. Resultados estadísticos y económicos

En este apartado se presentan resultados estadísticos y económicos.

4.1 Análisis estadístico

El análisis estadístico en los modelos establecidos, se basó en el coeficiente de determinación (R^2), el valor de la F-calculada (F_c) y la *t-student* para cada uno de los estimadores a partir del análisis de varianza. Para probar la significancia estadística de la ecuación de regresión ajustada, se consideraron los siguientes juegos de hipótesis, $H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_n = 0$ vs $H_a: \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_n \neq 0$ y $H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_n = 0$ vs $H_a: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_n \neq 0$.

Tabla 1. Análisis de varianza

| Variable dependiente | Variables independientes | |
|-------------------------|--------------------------|-----------------|
| Ecuación 4 | | |
| <i>CosAyD</i> | <i>PIBpr</i> | <i>PobPobre</i> |
| Coeficiente | 675204660 | 0.01220 |
| t _c | 4.86 | 5.71 |
| P | 0.0004 | <.0001 |
| R ² = 90.98% | | |
| F-valor = 60.49 | | |
| Prob>F = <.0001 | | |
| Ecuación 5 | | |

| <i>CosAyD</i> | <i>PIB_{pr}</i> | <i>PIB_{pr}²</i> | <i>PIB_{pr}³</i> | <i>PobPobre</i> |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------|
| Coefficiente | 2.325411E11 | -1.40768E14 | 2.838519E16 | 0.01454 |
| t _c | 3.47 | -3.42 | 3.39 | 8.49 |
| P | 0.0060 | 0.0065 | 0.0069 | <.0001 |
| R ² = 96.49% | | | | |
| F-valor = 68.82 | | | | |
| Prob>F = <.0001 | | | | |

Fuente: Elaboración propia con los resultados del paquete estadístico SAS.

Los resultados del análisis de varianza que se muestran en la tabla 1, para el caso de la ecuación 4 (modelo de regresión lineal múltiple del *CosAyD_t*), revelaron que la prueba global resultó significativa ya que la $F_c = 60.49$ fue mayor que la $F_{t,0.05(2, 12)} = 3.885$, con un nivel de significancia de 5.0% ($\alpha = 0.05$), por lo que se rechaza la hipótesis nula (H_0) en favor de la hipótesis alternativa (H_a), lo que indica que al menos uno de los parámetros estimados por la regresión, es distinto de cero; es decir, la prueba global resultó significativa. De acuerdo con el estadístico R^2 , los costos por agotamiento de los recursos naturales y por degradación ambiental fueron explicados en un 90.98% por las variables independientes incluidas en el modelo: el *PIB_{pr}* y la *PobPobre*.

Por otra parte, para el caso de la ecuación 5 que corresponde al modelo polinomial cubico del *CosAyD*, los resultados del análisis de varianza que se muestran en el mismo cuadro, revelaron que el valor de la prueba global fue el siguiente: $F_c = 68.82$ fue mayor que la $F_{t,0.05(4, 10)} = 3.478$, con un nivel de significancia de 5.0% ($\alpha = 0.05$), por lo que se rechaza la hipótesis nula (H_0) en favor de la hipótesis alternativa (H_a), lo que indica que al menos uno de los parámetros estimados por la regresión, es distinto de cero; es decir, la prueba global resultó estadísticamente significativa. Para este modelo, el valor del coeficiente R^2 indicó que el 96.49% de la variación en esta variable, estuvo explicada por el *PIB_{pr}*, el *PIB_{pr}²*, el *PIB_{pr}³*, así como por la *PobPobre*.

Con respecto a la significancia individual, las variables independientes tanto de la ecuación 4 (el *PIB_{pr}* y la *PobPobre*), como las de la 5 (el *PIB_{pr}*, el *PIB_{pr}²*, el *PIB_{pr}³* y la *PobPobre*), resultaron estadísticamente significativas.

En la tabla 1, se puede observar que las variables independientes correspondientes a la ecuación 4, tuvieron una $|t_c| = 4.86$ y 5.71 respectivamente (el *PIB_{pr}* y la *PobPobre*), que fue mayor que la $t_{t,0.05(12)} = 2.1788$, por lo que se rechaza la hipótesis nula en favor de la alternativa. Asimismo, las variables independientes de la ecuación 5 (el *PIB_{pr}*, el *PIB_{pr}²*, el *PIB_{pr}³* y la *PobPobre*), presentaron una $|t_c| = 3.47, -3.42, 3.39$ y 8.49 en ese orden, resultando cada una mayor que la $t_{t,0.05(10)} = 2.2281$, indicando que se rechaza la hipótesis nula en favor de la alternativa. Para ambas ecuaciones esto implica que, los parámetros estimados de las variables independientes son diferentes de cero. Además como lo muestra la misma tabla, el p-value de cada una de las variables independientes incluidas en las ecuaciones 4 y 5 fue menor al nivel de significancia (0.05), con un nivel de confianza del 95.0%.

4.2 Análisis económico

El modelo estimado para los costos totales por agotamiento de los recursos naturales y la degradación ambiental (*CosAyD*), de acuerdo con el modelo de regresión lineal múltiple, fue el siguiente:

$$\widehat{CosAyD} = -1031143 + 675204660 PIBpr + 0.01220 PobPobre \quad (6)$$

La estimación de esta función, indicó que ante la presencia de una tendencia positiva del crecimiento económico en México durante el periodo 2003 a 2017, medido a través del *PIBpr*, los costos totales por agotamiento de los recursos naturales y la degradación ambiental (*CosAyD*) aumentan.

De acuerdo con la estimación de este tipo de formas funcionales, se puede decir que, los costos totales por agotamiento de los recursos naturales y la degradación ambiental (afectación al medio ambiente), al parecer se encuentran en la etapa creciente de la CKA, es decir, que el crecimiento económico se traduce en un aumento de estos costos y por ende del impacto ambiental derivado de la producción de bienes y servicios en el país.

Para el caso de la población pobre, presentó un coeficiente positivo, que indica que al aumentar el número de personas en pobreza de patrimonio en el país, se traduce en un efecto directo sobre los costos totales por agotamiento de los recursos naturales y la degradación ambiental, es decir, aumentan.

El modelo polinomial cúbico estimado de acuerdo con la ecuación 5, quedó expresado como sigue:

$$\widehat{CosAyD} = -128025532 + 2.325411E11 PIBpr - 1.40768E14 PIBpr^2 + 2.838519E16 PIBpr^3 + 0.01454 PobPobre \quad (7)$$

La forma funcional planteada en la ecuación 5, permite validar distintos tipos de relaciones entre crecimiento económico y degradación ambiental.

De acuerdo con la ecuación 5, estimada por MCO, los signos obtenidos cumplen con la restricción 5, esto es: $\beta_1 = 2.325411E11 > 0$; $\beta_2 = -1.40768E14 < 0$ y $\beta_3 = 2.838519E16 > 0$; de acuerdo con Catalán (2014: 24) esto se explica como sigue: “en un rango de bajos niveles de ingreso per cápita la relación creciente cambia a decreciente en un punto de inflexión, pero después de cierto nivel de ingreso, la relación entre ambas variables es positiva y posteriormente se mantiene constante”.

5. Conclusiones

De acuerdo con los resultados estadísticos y económicos obtenidos en la presente investigación, se concluye lo siguiente:

Para las ecuaciones 4 y 6, referentes al modelo de regresión lineal múltiple, se confirma la existencia de una relación positiva para los costos totales por agotamiento de los recursos naturales y la degradación ambiental (*CosAyD*) con el producto interno bruto per cápita real (*PIBpr*), es decir, se pudo comprobar la existencia de la hipótesis de la CKA; además de ello, también se obtuvo una relación directa entre la población en pobreza de patrimonio (variable socioeconómica adicional) y los costos mencionados (CKA-extendida). De acuerdo con los resultados obtenidos para la variable *PIBpr* ($\alpha_1 = 675204660 > 0$, $\beta_2 = \beta_3 = 0$, se ajustan a la relación 1 (figura 2), que implica una relación creciente monotónica, indicando que altos niveles de ingreso per cápita (*PIBpr*) están asociados con más altos costos totales por agotamiento de los recursos naturales y la degradación ambiental (*CosAyD*) en México para el periodo 2003-2017; dicho en otras palabras, el signo positivo del parámetro lineal indica que México se encuentran en la parte positiva de la CKA, es decir, que el crecimiento económico se traduce en un aumento de los *CosAyD* y por ende del impacto ambiental derivado de la producción de bienes y servicios en el país.

A su vez esto indica que cuando la economía crece, se registra un aumento en la producción agregada, lo que se ve reflejado en el ingreso y por lo tanto en el consumo, lo que conlleva a un mayor nivel de degradación ambiental (Correa *et al.*, 2005: 23); por lo que se requerirá destinar mayores recursos económicos para recuperar tanto la pérdida de los recursos naturales como la degradación ambiental, los cuales son trasladados a la sociedad.

Para la función polinomial cúbica (ecuaciones 5 y 7), la relación entre el *PIBpr* y los *CosAyD* se ajustó a la restricción 5 (figura 2), ya que los coeficientes resultantes para las variables *PIBpr*, *PIBpr*² y *PIBpr*³, presentaron el siguiente comportamiento: $\beta_1 = 2.325411E11 > 0$; $\beta_2 = -1.40768E14 < 0$ y $\beta_3 = 2.838519E16 > 0$, lo que implica un polinomio cúbico, representando una gráfica en forma de N, similar a la CKA pero con un subsiguiente incremento en costos totales por agotamiento de los recursos naturales y la degradación ambiental (*CosAyD*) para altos niveles de ingreso. Esto indica que los países con bajo nivel de ingreso per cápita como México tienden a aumentar sus niveles de afectación al medio ambiente y con ello los *CosAyD*. Finalmente el coeficiente estimado para la *PobPobre*, resultó como se esperaba de acuerdo con la teoría económica, por lo que un aumento de la población en pobreza de patrimonio, se reflejarán también en un aumento de los costos totales por agotamiento de los recursos naturales y la degradación ambiental (*CosAyD*).

References

- [1] Almeida Quinteros, D. A.; Artola, V. (2013). Crecimiento económico y medio ambiente: La curva ambiental de Kuznets para el Ecuador en el periodo 1970-2010. Tesis para obtener el título de Economista. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Economía. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/6272/T-PUCE-6453.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [2] Ambrogio Román, R. (s/f). La economía ambiental como ciencia social aplicada (Capítulo I), en: Economía Ambiental I. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. 141 p. Disponible en: <http://pridca.csuca.org/images/Noticias/A3/Libro---Economia-Ambiental.pdf>
- [3] Andreoni J., A. Levinson. (2001). The simple analytics of the environmental Kuznets curve. *Journal of Public Economics*, 80(2), pp. 269-286.

-
- [4] Arévalo Pacheco, Georgina Jatziré. (2017). Curva ambiental de Kuznets en México 1960-2016. Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana, México, (agosto 2017). 13 p. En línea: <http://www.eumed.net/coursecon/ecolat/mx/2017/curva-kuznets-mexico.html>
- [5] <http://hdl.handle.net/20.500.11763/mx17curva-kuznets-mexico>
- [6] Caballero, José Luis. (2017, 5 de marzo). 4 datos sobre la debilidad del PIB por habitante en México. El Economista [en línea], consultado el 22 de marzo de 2020 en: <https://www.economista.com.mx/economia/4-datos-sobre-la-debilidad-del-PIB-por-habitante-en-Mexico-20170305-0071.html>
- [7] Centro de Análisis Macroeconómico (CAMACRO). (2015). Banco de Datos de la Economía Mexicana 1980-2020. Banco Mensual Núm. 147/enero. Consultado en: <http://www.bibliotecas.uvmnet.edu/portico/doc/camacro/BanM0115.pdf>
- [8] Catalán, H. (2014). Curva ambiental de Kuznets: implicaciones para un crecimiento sustentable. Economía Informa, núm. 389, noviembre-diciembre 2014. Pp. 19-37. Disponible en: <http://www.economia.unam.mx/assets/pdfs/econinfo/389/02catalan.pdf>
- [9] Common, M., Stagl, S. (2008). Introducción a la economía ecológica. Barcelona: Reverté, 2008. Disponible en: https://campusvirtual.univalle.edu.co/moodle/pluginfile.php/679875/mod_label/intro/Introduccion-EE-Common.pdf
- [10] Correa Restrepo, F. (2007). Crecimiento económico, desigualdad social y medio ambiente: Evidencia empírica para América Latina. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, Volumen 6, número 10, pp. 11-30. Enero-Junio 2007. Medellín, Colombia. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-33242007000100002
- [11] Correa Restrepo, Francisco; Vasco Ramírez, Andrés Felipe; Pérez Montoya, Catalina. (2005). La Curva Medioambiental de Kuznets: Evidencia empírica para Colombia. Grupo de Economía Ambiental (GEA). Semestre Económico, volumen 8, número 15 enero-junio de 2005. Universidad de Medellín, pp. 13-30. Disponible en: https://www.academia.edu/26199653/La_curva_medioambiental_de_Kuznets_evidencia_emp%C3%ADrica_para_Colombia_Grupo_de_Econom%C3%ADa_Ambiental_GEA
- [12] Correa Restrepo, F. (2004). Crecimiento económico y medio ambiente: una revisión analítica de la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets. Semestre Económico, 7(14), 74-104. Disponible en: <https://revistas.udem.edu.co/index.php/economico/article/view/1131>
- [13] Cuevas Tello, A. B. (2009). El desarrollo económico y el medio ambiente: el caso de México. Acta Republicana Política y Sociedad. Año 8, Número 8. Pp. 27-40. Disponible en: http://148.202.18.157/sitios/publicacionesite/ppperiod/republicana/pdf/ActaRep08/ActaRep08_3.pdf
- [14] Ekins, P. (1997). Kuznets curve for the environmental and economics growth: examining the evidence. Environmental and Planning Annals, 29, pp. 805-830.
- [15] García, D. J.; Ochoa Moreno, W. S. (2017). Relación entre crecimiento económico y medio ambiente en Ecuador a nivel provincial (Promedio 2010-2015). Revista Amazónica Ciencia y Tecnología, ISSN-E 1390-5600, Vol. 6, No. 2, págs. 99-112. Disponible en: <https://revistas.proeditio.com/REVISTAMAZONICA/article/view/2328/2387>
- [16] Guevara Sanginés, A. (2005). Política ambiental en México: Génesis, desarrollo y perspectivas. ICE México. Marzo-abril 2005, No. 821, pp. 163-176. Disponible en: http://www.acading.org.ve/info/comunicacion/pubdocs/DOCS_AMBIENTE/politica_ambiental_mexico.pdf

- [17] Gómez Gómez, C. M. (2000). Población, medio ambiente y crecimiento económico: ¿tres piezas incompatibles del desarrollo sostenible?. Pp. 244-260. Disponible en: http://www3.uah.es/econ/Papers/cmgomez_EuskadiGerizan.pdf
- [18] Gómez López, C. S., Barrón Arreola, K. S., Moreno Moreno, L. (2011). Crecimiento económico y medio ambiente en México. *El Trimestre Económico*, vol. LXXVIII (3), núm. 311, julio-septiembre de 2011, pp. 547-582. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/ete/v78n311/2448-718X-ete-78-311-00547.pdf>
- [19] Grossman, G. and Krueger, A. (1995). *Economic Growth and the Environment*. *Quarterly Journal of Economics* (Cambridge), vol. 110(2), pp. 353-377.
- [20] Grossman, G. M., A. B. Krueger. (1993). Environmental impacts of a North American Free Trade Agreement, in *The U.S.-México Free Trade Agreement*, P. Garbe, ed.
- [21] Grossman, G. and Krueger, A. (1991). Environmental impact of a NAFTA. Working Paper 3914 (Cambridge: National Bureau of Economic Research).
- [22] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2018). Cuentas Económicas y Ecológicas de México 2017. Comunicado de prensa Núm. 631/18. 30 de noviembre de 2018. Disponible en: http://www.beta.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2018/StmaCntaNal/CtasEcmcasEcolgicas2018_11.pdf
- [23] Isasmendi Armentia, L. (2014). Macroeconomía y el medio ambiente: el PIB como medida de bienestar. Grado en Administración y Dirección de empresas. Euskal Herriko Unibertsitatea. Universidad del País Vasco. 42 p. Disponible en: <http://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/123456789/2156/1/ZILIO%202011.pdf>
- [24] London, Silvia. (2018). Sobre el análisis de la pobreza urbana y el medio ambiente: una visión socioecológica. *Letras verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*. No. 24, septiembre de 2018, pp. 143-160. DOI: <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.24.2018.3306>
- [25] Magnani, E. (2000). The Environmental Kuznets Curve, environmental protection policy and income distribution. *Ecological Economics*. No. 32: 432-443.
- [26] Mendaza Enrique, Mikel. (2015). La Curva Medioambiental de Kuznets: ¿Un modelo fiable sobre la degradación ambiental?, trabajo de fin de grado. Universidad de la Rioja. 53 p. Disponible en: https://biblioteca.unirioja.es/tfe_e/TFE000956.pdf
- [27] Moomaw, W.R., G. Unruh. (1997). Are environmental Kuznets curves misleading us? The case of CO2 emissions. *Environmental and Development Economics*, 2, pp. 451-463.
- [28] Nahman A., G. Antrobus. (2005). The environmental Kuznets curve: a literature survey. *South African Journal of Economics*, 73(1), pp. 105-120.
- [29] Navarrete, Maxwell; Brull, Mauricio; Torre, Arturo; Gómez, David y Torres, Diana G. (2009). Verificación de la curva ambiental de Kuznets: el caso de México. *Revista Estudiantil de Economía*. Pp. 37-54. Disponible en: <http://ree.economiatic.com/A1N1/206279.pdf>
- [30] Panayotou, T. (1997). Demystifying the environmental Kuznets curve: turning a black box into a policy tool. *Environmental and Development Economics*, 2, pp. 465-484.
- [31] Panayotou, T., (1993). Empirical Test and policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development, Geneva, World Employment Research Programme, Working Paper, International Labour Office.
- [32] Parra Ocampo, M. del P. (2016). La Curva de Kuznets Ambiental para los países de la OCDE a través de un modelo de datos de panel. Tesis para obtener el título de Maestra en Economía Ambiental y Ecológica. Facultad de Economía. Universidad Veracruzana. 61 p. Disponible en: <https://www.uv.mx/meae/files/2019/11/La-Curva-de-Kuznets-Ambiental-para-los-paises-de-la-OCDE.pdf>

-
- [33] Saravia López, V. Alejandra. (2005). Evidencias de la relación medio ambiente-economía en el caso Latinoamericano. En: La economía mundial y América Latina. Tendencias, problemas y desafíos. CLACSO, Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales. Buenos Aires. Disponible en: <http://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/gt/20101013125319/10ParteII5.pdf>
- [34] Selden, T., Song, D. (1994). Environmental quality and development: is there a Kuznets curve for air pollution emissions?. *Journal of Environmental Economics and Management*, No. 27, pp. 147-162.
- [35] Shafik, N., Bandyopadhyay. (1992). Economic Growth and Environmental Quality. Time-series and Cross-Country Evidence, Washington D.C., World Bank, Working Papers, WPS 904.
- [36] Stern, D. I. (1998). Progress on the environmental Kuznets curve?. *Environmental and Development Economics*, 3(2), pp. 173-196.
- [37] Suárez Moncayo, Gabriel Antonio. (2011). Crecimiento económico vs degradación ambiental: ¿existe una curva d Kuznets ambiental en América Latina y el Caribe? Periodo 1980-2008, Maestría en Economía del Desarrollo, FLACSO Sede Ecuador. Quito, 96 p. Disponible en: <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/5436>
- [38] Suri, V., D. Chapman. (1998). Economic growth, trade, and energy: implications for the environmental Kuznets curve. *Ecological Economics*, 25, 195-208.
- [39] Urrieta Cruz, Carlos Miguel. (2017). Análisis del crecimiento económico y la contaminación del aire en México de 1980-2012, basado en el proceso de la curva ambiental de Kuznets. Tesis para obtener el título de Licenciado en Economía. Facultad de Economía. Universidad Autónoma del Estado de México. 198 p. Disponible en: <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/68004>
- [40] Zilio, M. (2012). Curva de Kuznets ambiental: la validez de sus fundamentos en países en desarrollo. *Cuadernos de Economía: Spanish Journal of Economics and Finance*, 35(97), 43-54. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-cuadernos-economia-329-articulo-curva-kuznets-ambiental-validez-sus-X0210026612536311>
- [41] Zilo, M. (2010). La curva de Kuznets ambiental: evidencia para América Latina y el Caribe. Universidad Nacional del Sur. Tesis de Doctor en Economía. Argentina. 195 p. Disponible en: <http://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/123456789/2156/1/ZILIO%202011.pdf>